

Produção e qualidade de mudas de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) *Altschul* sob substratos e bioestimulador

Orivaldo Benedito da Silva ^[1], Ademir Goelzer ^[2], Thiago de Oliveira Carnevali ^[3], Fernando Henrique Moreira dos Santos ^[4], Néstor Antonio Heredia Zárate ^[5], Maria do Carmo Vieira ^[6]

[1] orivaldo.bio@gmail.com. Universidade Federal de Lavras / Programa de Pós-Graduação em Botânica Aplicada.

[2] ademirgoelzer2008@hotmail.com. Universidade Federal de Lavras / Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia Vegetal.

[3] carnevali@ufpa.br. Universidade Federal do Pará / Faculdade de Engenharia Agrônômica. [4] fernandoh.agronomia@gmail.com.

Universidade Federal da Grande Dourados / Programa de Pós-Graduação em Agronomia. [5] nestorzarate@ufgd.edu.br. [6] mariavieira@ufgd.edu.br. Universidade Federal da Grande Dourados / Faculdade de Ciências Agrárias.

RESUMO

Objetivou-se, com este trabalho, avaliar os atributos químicos do substrato, a emergência, a sobrevivência e a qualidade de mudas de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) *Altschul* (angico-do-cerrado) em diferentes substratos e com e sem bioestimulador da microbiota do solo. Foram avaliados três tipos de substratos – solo do Cerrado (sentido restrito), substrato comercial Tropstrato® e solo de mata nativa (Cerradão) – com ou sem aplicação de bioestimulador, arranjos em esquema fatorial 3 x 2, em blocos casualizados, com quatro repetições. Houve baixa emergência de plântulas (38,05%), porém, a maior sobrevivência ocorreu com aplicação do bioestimulador (81,01%) e uso do substrato comercial (87,61%). A maior altura (8,60 cm), o maior número de folhas (13,00/planta), o maior diâmetro do caule (1,86 mm) e a maior área foliar (43,44 cm²/planta) das plântulas, bem como as maiores massas secas, ocorreram no solo de mata nativa; as massas secas também foram favorecidas pela aplicação do bioestimulador. Conclui-se que o substrato oriundo de mata nativa e a aplicação de bioestimulador proporcionam maior crescimento e qualidade de mudas de angico-do-cerrado.

Palavras-chave: Angico-do-cerrado. Espécies nativas. Crescimento inicial.

ABSTRACT

The aim of this work is to evaluate the chemical attributes of substrate, emergence, survival and quality of Anadenanthera peregrina var. falcata (Benth.) Altschul (angico-do-cerrado) seedlings in different substrates and with or without biostimulator of soil microbiota. We evaluated three types of substrates – ‘Cerrado’ soil (restricted sense), commercial Tropstrato® substrate and native forest soil (‘Cerradão’) – with or without biostimulator application, arranged in a 3 x 2 factorial scheme, in randomized blocks, with four repetitions. Seedling emergence was low (38.05%), but the highest survival occurred with application of biostimulator (81.01%) and commercial substrate (87.61%). The highest height (8.60 cm), number of leaves (13.00/plant), stem diameter (1.86 mm) and leaf area (43.44 cm²/plant) of seedlings as well as highest dry masses, occurred in the native forest soil, the dry masses were also favored with the application of biostimulator. Results indicated that native forest substrate and biostimulator application provides greater growth and quality of ‘angico-do-cerrado’ seedlings.

Keywords: ‘Angico-do-cerrado’. Native species. Initial growth.

1 Introdução

O Cerrado é uma savana tropical diversa, que abrange o Brasil Central, parte da Bolívia e o Paraguai. Possui uma grande biodiversidade, destacando-se com mais de 10.000 espécies de plantas com alto nível de endemismo, constituindo um dos *hotspots* da conservação da biodiversidade mundial (SIMON *et al.*, 2009). Entretanto, essa biodiversidade vem sofrendo com a fragmentação, decorrente da ampliação de áreas agrícolas, que compromete a dispersão de sementes e a regeneração da vegetação (DARONCO; MELO; DURIGAN, 2013).

A *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul, conhecida popularmente como angico-do-cerrado, pertence à família Fabaceae e é uma espécie arbórea que pode atingir 15 m de altura. Possui folhas compostas bipinadas, flores brancas com ocorrência entre setembro e outubro e frutos com aspecto marrom quando maduros (LORENZI, 2000; ATHAYDE; MORELLATO, 2014). Possui ampla distribuição no Brasil, sobretudo em regiões do Cerrado, sendo uma das espécies mais comuns dessa vegetação, ocorrendo em formação primária e secundária (LORENZI, 2000; DURIGAN *et al.*, 2003).

O angico-do-cerrado tem vários usos: ornamental, madeireiro (LORENZI, 2000), medicinal – usado para problemas no sistema respiratório (SOUZA *et al.*, 2016) –, e é muito utilizado no reflorestamento, por ser uma espécie rústica de crescimento moderado a rápido (LORENZI, 2000), por ter tolerância a inundações rápidas ou períodos de encharcamento leve e também por resistir a baixas temperaturas (MOTA; SCALON; MUSSURY, 2013). Entretanto, não são encontradas muitas informações sobre técnicas de produção de mudas de qualidade para a espécie.

O conhecimento sobre a produção de mudas de boa qualidade antes do plantio definitivo é importante para obter maior sucesso em campo. Para isso, é fundamental observar fatores envolvidos no processo fisiológico de sementes e aspectos morfológicos de desenvolvimento de plantas no seu processo inicial. Entre esses fatores, destaca-se a escolha do substrato, que pode influenciar desde a germinação da semente até o crescimento das mudas, constituindo um dos fatores externos mais relevantes na fase inicial em viveiro (DUTRA *et al.*, 2012).

O substrato envolvido na produção de mudas deve garantir qualidades físicas e químicas na fase inicial de estabelecimento das plantas. Assim, do ponto de vista físico, o substrato necessita reter umidade, ter boa aeração

e permitir a drenagem do excedente de água. Com relação às propriedades químicas, deve fornecer os nutrientes essenciais, podendo, dessa forma, influenciar a qualidade na fase inicial e, posteriormente, no desenvolvimento em campo (TUCCI; LIMA; LESSA, 2009).

Visando à disponibilidade de nutrientes em solos, uma alternativa é a aplicação de bioestimulador da microbiota do solo. Entre os bioestimuladores disponíveis no mercado, encontra-se a tecnologia Penergetic®. Esse bioestimulador aumenta e equilibra as atividades microbiológicas quando aplicado no solo; nas plantas, disponibiliza mais energia, além de facilitar a interação entre planta e microrganismos benéficos (COBUCCI; NASCENTE; LIMA, 2015). O Penergetic® combina produtos que ativam a biota do solo, tornando o fósforo disponível para as plantas (SOUZA; ALMEIDA; ALBERTON, 2017) – geralmente, esse nutriente encontra-se com baixa disponibilidade no solo, sendo este um fator limitante do crescimento vegetal (SOUZA *et al.*, 2010).

Dessa forma, objetivou-se, com este trabalho, avaliar os atributos químicos do substrato e a emergência, sobrevivência e qualidade de mudas de *Anadenanthera peregrina* var. *falcata* (Benth.) Altschul em diferentes substratos com e sem a aplicação de bioestimulador da microbiota do solo.

2 Material e métodos

O experimento foi desenvolvido no Horto de Plantas Medicinais (HPM) da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), em Dourados (MS), Brasil, localizado nas coordenadas 22°11'43.7''S e 54°56'08.5''W, a 460 m de altitude. O clima da região é classificado como Aw (clima tropical com inverno seco), apresentando temperatura média anual de 22 °C a 24 °C e precipitação pluviométrica anual de 1.300 mm a 1.600 mm (ALVARES *et al.*, 2013).

2.1 Coleta e caracterização dos substratos utilizados

Os solos utilizados para confecção dos substratos foram coletados de horizonte A. O solo de mata nativa (SMN) foi classificado como Latossolo Vermelho distroférico de textura muito argilosa (SANTOS *et al.*, 2013) e foi coletado na reserva da Fazenda Azulão (22°12'08.03''S e 54°55'05.31''W, a 446 m de altitude, em Dourados, MS), com vegetação classificada como mata mesófila semidecídua (Cerradão), caracterizada pela mistura de espécies caducifólias e perenifólias

(GOMES *et al.*, 2007). O solo do Cerrado (SC) também foi classificado como Latossolo Vermelho distroférrico de textura muito argilosa (SANTOS *et al.*, 2013) e foi coletado na reserva da Fazenda Santa Madalena (22° 11' 56.47'' S e 54° 56' 29.20'' W, a 451 m de altitude, em Dourados, MS), sob vegetação típica de Cerrado "sentido restrito" (RIBEIRO; WALTER, 2008). Em ambas as coletas, foram retiradas a camada superficial de serapilheira e a vegetação e coletada a primeira camada de solo, de 20 cm. Já o substrato comercial Tropstrato® (SCT) é composto de casca de pinus, turfa, vermiculita, superfosfato simples, nitrato de potássio e produtos formulados por terceiros, com pH de 5,8 e condutividade elétrica entre 0,5 mS cm⁻¹ e 2,0 mS cm⁻¹. Os atributos químicos dos solos e do substrato comercial Tropstrato® estão descritos na Tabela 1, de acordo com a metodologia de Silva (2009).

Tabela 1 – Atributos químicos iniciais dos substratos utilizados na emergência e no crescimento inicial de angico-do-cerrado

| Atributos | SC | SCT | SMN |
|--|-------|--------|--------|
| pH (CaCl ₂) | 5,42 | 5,75 | 7,17 |
| Al (cmol _c dm ⁻³) | 0 | 0 | 0 |
| P (mg dm ⁻³) | 6,22 | 65,70 | 25,59 |
| K (cmol _c dm ⁻³) | 0,54 | 1,63 | 0,86 |
| Ca (cmol _c dm ⁻³) | 3,85 | 23,80 | 61,65 |
| Mg (cmol _c dm ⁻³) | 1,81 | 12,41 | 7,80 |
| Cu (mg dm ⁻³) | 9,34 | 0,49 | 1,12 |
| Mn (mg dm ⁻³) | 57,99 | 27,91 | 1,21 |
| Fe (mg dm ⁻³) | 74,82 | 324,10 | 15,61 |
| Zn (mg dm ⁻³) | 1,73 | 5,22 | 7,52 |
| M.O. (g dm ⁻³) | 11,60 | - | 109,70 |
| H+Al (cmol _c dm ⁻³) | 3,43 | 4,29 | 1,69 |
| SB (cmol _c dm ⁻³) | 6,21 | 37,85 | 70,32 |
| CTC (cmol _c dm ⁻³) | 9,65 | 42,14 | 70,00 |
| V (%) | 64,38 | 89,80 | 97,66 |

Legenda: SC: solo do Cerrado; SCT: substrato comercial Tropstrato®; SMN: solo de mata nativa; pH (CaCl₂): potencial hidrogeniônico do solo em cloreto de cálcio; P: fósforo extraído do substrato através de Mehlich; K, Ca e Mg: formas trocáveis dos elementos; M.O.: matéria orgânica; H+Al: hidrogênio + alumínio, ou acidez potencial; SB: soma de base; CTC: capacidade de troca de cátions; V%: índice de saturação por bases.

Fonte: Dados da pesquisa

2.2 Coleta e beneficiamento das sementes

As sementes de angico-do-cerrado foram coletadas de matrizes da área nativa de Cerrado "Mata Seca" (RIBEIRO; WALTER, 2008) da Fazenda Santa Madalena (22°08'23.24'' S e 55°08'16.84'' W, 487 m de altitude). Os critérios de seleção das árvores matrizes foram: árvores com maior diâmetro, altura e volume da copa; distância mínima de 100 metros entre matrizes; frutos visualmente sadios em processo de maturação, apresentando coloração marrom e início de dispersão das sementes (NOGUEIRA; MEDEIROS, 2007). Após a coleta dos frutos, foram realizados o beneficiamento manual, retirando-se as sementes, a sanitização com hipoclorito de sódio 0,5% e o semeio nos respectivos tratamentos. Uma excisada com exemplar da espécie foi depositada no Herbário de Dourados (Herbário DDMS, em Dourados, MS), sob o número 5846.

2.3 Delineamento experimental e desenvolvimento do experimento

O arranjo experimental foi em esquema fatorial 3 x 2 (substratos: solo do Cerrado (SC), substrato comercial Tropstrato® (SCT) e solo de mata nativa (SMN), com e sem a presença de Penergetic®), no delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições. A unidade experimental foi composta por 20 tubetes, cada um contendo 290 cm³ de substrato e uma semente.

Foram utilizados os produtos comerciais Penergetic® "K" e Penergetic® "P" como bioestimuladores da microbiota do solo e da planta. Os produtos foram aplicados em duas etapas: 1ª aplicação: 1 g L⁻¹ de Penergetic® "K" via fertirrigação, após a confecção dos substratos (1 L/tratamento); 2ª aplicação: 1 g L⁻¹ de Penergetic® "P" via foliar, 30 dias após semeio, nos tratamentos correspondentes (0,5 L/tratamento), conforme as recomendações do fabricante.

Para o semeio, foram abertas covas com aproximadamente 2,00 cm de profundidade, e colocada uma semente em cada cova; logo após, as sementes foram cobertas com os substratos dos respectivos tratamentos (Figura 1 A-F). Os tubetes foram mantidos em ambiente protegido, com 50% de retenção da luminosidade, e foram realizadas irrigações duas vezes ao dia via aspersão; quando necessário, foram retiradas as plantas espontâneas manualmente.

Figura 1 – Plântulas de angico-do-cerrado nos respectivos tratamentos: solo do Cerrado (A), Tropstrato® (B), solo de mata nativa (C), todos sem bioestimulador; solo do Cerrado (D), Tropstrato® (E), solo de mata nativa (F), todos com bioestimulador



Fonte: Acervo dos autores

2.4 Características avaliadas

Foram avaliados diariamente o percentual de emergência (LABOURIAU; VALADARES, 1976), a partir da visualização da primeira plântula emergida, e o índice de velocidade de emergência segundo Maguire (1962). O percentual de sobrevivência das plantas foi determinado considerando-se o total de sementes germinadas no pico máximo de germinação e o número final de plântulas vivas no 120º dia de monitoramento.

Aos 120 dias após semeio, foram colhidas três plantas de cada parcela, separados os órgãos e avaliados número de folhas, com contagem total de folhas por planta manualmente; altura de plantas e comprimento da maior raiz, medidos com régua graduada; diâmetro de caule, medido com paquímetro digital; área foliar e área radicular, obtidas com integrador de área (LI-COR, Model 3100 C; Nebraska-USA); massa seca da parte aérea, da raiz e total, obtidas após secagem em estufa de circulação forçada a temperatura de 60 ± 5 °C, até a obtenção de massa seca constante, e pesadas em balança analítica com precisão de 0,001 g.

Com os dados de biomassa e área foliar, foram calculados razão de área foliar, área foliar específica, massa foliar específica, relação parte aérea/raiz (RPAR) e relação altura/diâmetro (RAD), de acordo com Benincasa (2003); e índice de qualidade de Dickson (DICKSON; LEAF; HOSNER, 1960), através da equação: $IQD = [\text{matéria seca total}/(\text{RAD} + \text{RPAR})]$.

Ao final do experimento, foram coletadas amostras de cada substrato e determinados os atributos químicos de acordo com a metodologia de Silva (2009).

2.5 Análises estatísticas

Os dados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, para substratos, e teste t de Student, para o bioestimulador da microbiota ($p < 0,05$).

3 Resultados e discussão

3.1 Efeito do bioestimulador nos atributos químicos dos substratos

Os teores de fósforo, cálcio, soma de base e capacidade de troca catiônica foram influenciados pela interação entre tipos de substratos e uso do bioestimulador. Os teores de pH (CaCl_2), acidez potencial, potássio, magnésio, cobre, manganês, ferro, zinco e índice de saturação por bases foram influenciados de forma isolada pelos tipos de substratos e pelo uso do bioestimulador.

A aplicação do bioestimulador promoveu incrementos nos teores de fósforo ao se utilizar o substrato comercial Tropstrato® e nos teores de cálcio, na soma de base e na capacidade de troca catiônica no substrato feito com solo de mata nativa (Tabela 2, na próxima página).

Observa-se um incremento expressivo utilizando o bioestimulador no substrato com solo de mata nativa, de 23% no teor de cálcio, 21% na soma de base e 21% na capacidade de troca catiônica (Tabela 2). Provavelmente, o aumento expressivo nesse substrato está relacionado ao seu maior teor de matéria orgânica em comparação com os outros substratos utilizados (Tabela 1); assim, a aplicação do bioestimulador proporcionou crescimento microbiano e, conseqüentemente, aceleração da mineralização.

Jakelaitis *et al.* (2008), estudando a qualidade da camada superficial de solos, observaram que os teores de Ca foram maiores em solos com vegetação nativa. Dessa forma, a soma de bases indica disponibilidade de íons de cálcio, magnésio e potássio, e valores de capacidade de troca catiônica são influenciados pelas variações desses nutrientes e indicam capacidade desse solo em adsorver cátions em forma trocável (COSTA; ZOCHE, 2009).

Tabela 2 – Atributos químicos dos substratos utilizados na emergência e no crescimento inicial de angico-do-cerrado em função de substratos e bioestimulador

| Substrato | P | | Ca | | SB | | CTC | |
|-----------|---------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|------------------------|---------|
| | mg dm ⁻³ | | cmolc dm ⁻³ | | cmolc dm ⁻³ | | cmolc dm ⁻³ | |
| | Bioestimulador | | | | | | | |
| | Sem | Com | Sem | Com | Sem | Com | Sem | Com |
| SC | 9,53cA | 8,74cA | 3,76bA | 3,71bA | 6,05cA | 6,05cA | 8,92cA | 8,90cA |
| SCT | 78,34aB | 89,77aA | 12,14bA | 12,08bA | 20,96bA | 21,00bA | 24,03bA | 23,96bA |
| SMN | 34,77bA | 34,05bA | 61,65aB | 75,89aA | 66,58aB | 80,98aA | 68,0aB | 82,42aA |
| C.V. (%) | 9,80 | | 18,54 | | 15,98 | | 14,92 | |

Médias seguidas da mesma letra, maiúscula na linha e minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste t de Student, para bioestimulador, e teste de Tukey, para substratos, a 5% de probabilidade. P: fósforo extraído do substrato através de Mehlich; Ca: cálcio de forma trocável do elemento; SB: soma de base; CTC: capacidade de troca catiônica. SC: Solo do Cerrado; SCT: Substrato comercial Tropstrato®; SMN: Solo de mata nativa.

Fonte: Dados da pesquisa

O teor de potássio também foi influenciado pela aplicação do bioestimulador, independente do substrato utilizado (Tabela 3).

Isso ocorreu porque a atividade do bioestimulador acelerou a decomposição da matéria orgânica, proporcionando a liberação de macronutrientes, entre eles o potássio (BRITO; DEQUECH; BRITO, 2012).

Tabela 3 – Atributos químicos dos substratos utilizados na emergência e no crescimento inicial de angico-do-cerrado em função de substratos e bioestimulador

| Bioestimulador | pH | H+Al | K | Mg | Cu | Mn | Fe | Zn | V |
|----------------|-------------------|-------|------------------------------------|-------|-------|--------|---------------------|-------|--------|
| | CaCl ₂ | | cmol _c dm ⁻³ | | | | mg dm ⁻³ | | % |
| Sem | 6,45a | 2,45a | 0,50b | 4,84a | 3,77a | 59,55a | 122,44a | 4,16a | 84,26a |
| Com | 6,41a | 2,41a | 0,56a | 4,88a | 3,62a | 54,64a | 122,57a | 4,28a | 84,60a |
| Substratos | | | | | | | | | |
| SC | 5,80c | 2,86a | 0,47b | 1,83c | 9,72a | 49,60b | 89,20b | 1,75c | 67,83c |
| SCT | 6,18b | 3,01a | 0,55a | 8,31a | 0,52b | 25,05c | 265,36a | 4,21b | 87,42b |
| SMN | 7,25a | 1,43b | 0,57a | 4,43b | 0,85b | 96,66a | 12,96c | 6,71a | 98,05a |
| C.V. (%) | 1,18 | 6,13 | 9,75 | 4,32 | 9,00 | 13,59 | 12,38 | 12,2 | 1,76 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student, para bioestimulador, e teste de Tukey, para substrato, a 5% de probabilidade. pH (CaCl₂): potencial hidrogeniônico do solo em cloreto de cálcio; K e Mg: formas trocáveis dos elementos; H+Al: acidez potencial; V (%): índice de saturação por bases. SC: Solo do Cerrado; SCT: Substrato comercial Tropstrato®; SMN: Solo de mata nativa.

Fonte: Dados da pesquisa

Quanto aos substratos avaliados, observa-se que o substrato comercial Tropstrato® e o solo de mata nativa apresentaram características químicas superiores às do substrato com solo do Cerrado. Isso está diretamente relacionado com o aporte inicial de matéria orgânica presente no substrato de solo de mata nativa e também com o enriquecimento mineral que ocorre nos substratos comerciais.

Nota-se que, em sistemas florestais nativos, a serapilheira é a principal forma de entrada de nutrientes, restaurando a fertilidade do solo nessas áreas, e a fração foliar pode contribuir com valores superiores a 70% de todo o material adicionado anualmente ao solo (MACHADO *et al.*, 2015). Além da ciclagem, a serapilheira tem papel fundamental e controla as propriedades físicas, químicas e biológicas

do solo, caracterizando-se como um fator-chave para a manutenção de sistemas florestais e para o controle de processos erosivos, por fornecer substâncias agregantes ao solo, como o húmus (CAMPOS *et al.*, 2008).

O substrato comercial Tropstrato® apresentou maiores teores de magnésio e ferro (Tabela 3). Isso está relacionado à sua composição: ele possui como componente a casca de pinus, que tem alto teor de ferro (VIERA; SCHUMACHER; BONACINA, 2011), e vermiculita, que é um silicato hidratado de magnésio, alumínio e ferro e pode liberar esses nutrientes para as plantas.

A baixa disponibilidade de cobre e ferro no solo de mata nativa está relacionada com o seu pH (Tabela 3). Segundo Raij (2011), quanto maior o valor de pH de um substrato, menor a quantidade de Fe disponível para a planta, devido à formação de óxido de ferro, pouco solúvel. De forma geral, o substrato composto pelo solo do Cerrado apresentou menores teores de nutrientes devido principalmente ao alto grau de intemperismo do solo e ao fato de os nutrientes estarem alocados na vegetação (FREITAS *et al.*, 2014), o que ocasiona menor teor de matéria orgânica e menor ciclagem de nutrientes.

3.2 Índice de emergência, velocidade de emergência e sobrevivência

A sobrevivência foi influenciada significativamente pelo uso de bioestimulador e pelos tipos de substrato. Já a porcentagem de emergência e o índice de velocidade de emergência não foram influenciados pelos fatores em estudo.

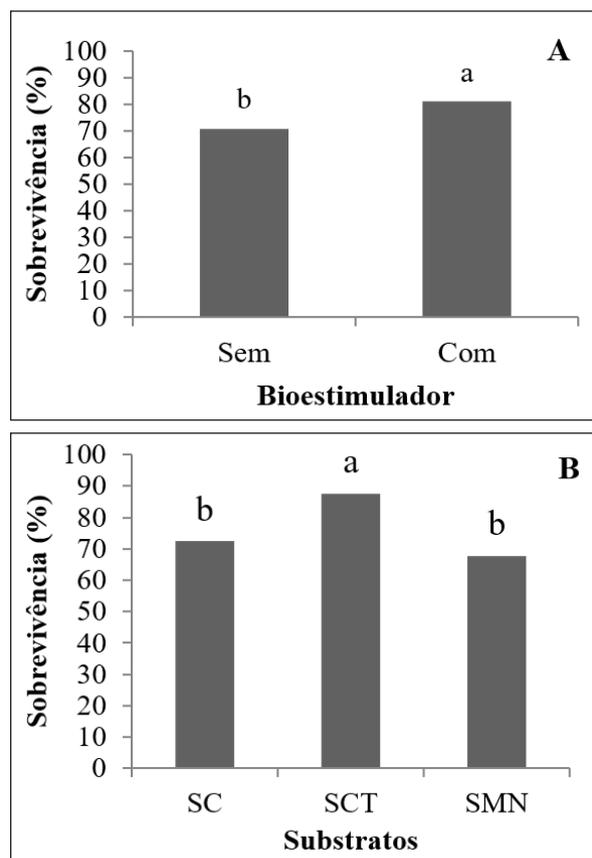
A maior sobrevivência final de plantas de angico-do-cerrado ocorreu com a aplicação de bioestimulador (81,01%) e sob o substrato comercial Tropstrato® (SCT) (87,61%) (Figura 2 A e B).

Esses resultados podem estar relacionados com os teores de potássio, magnésio e ferro (Tabela 2), uma vez que esses nutrientes são essenciais para o desenvolvimento inicial de espécies florestais (SOUZA *et al.*, 2010). Além disso, a interação entre o bioestimulador e o substrato comercial Tropstrato® proporcionou maior teor de fósforo (Tabela 3), contribuindo para o crescimento e a sobrevivência das mudas. Isso porque, segundo Santos *et al.* (2008), espécies florestais têm seu crescimento restringido em solos com baixa disponibilidade de fósforo.

A porcentagem de emergência de plântulas alcançou média de 38,05%, e o índice de velocidade de emergência, média de 0,45 sementes por dia. Segundo a literatura, a porcentagem de emergência do angico-do-cerrado alcança os 80% para sementes

frescas (LORENZI, 2000). Já Oliveira, Oliveira e Aloufa (2012), trabalhando com *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan (angico), observaram 86% de emergência de plântulas utilizando o substrato vermiculita. Os resultados obtidos neste trabalho evidenciam que houve baixa porcentagem de emergência de plântulas. Essas diferenças podem estar relacionadas com fatores ambientais, como temperatura, luz, promotores químicos, disponibilidade de água e oxigênio no substrato, além das adaptações fisiológicas aos locais de ocorrência ou cultivo da espécie (BRANCALION; NOVENBRE; RODRIGUES, 2010) e da variação genética dos indivíduos que foram utilizados como matrizes, que podem ter influenciado o baixo percentual de emergência.

Figura 2 – Porcentagem de sobrevivência (A e B) de plantas de angico-do-cerrado em função de substratos e bioestimulador



Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student, para bioestimulador, e teste de Tukey, para substrato, a 5% de probabilidade.

Fonte: Elaborada pelos autores a partir de dados da pesquisa

A uniformidade no índice de velocidade de emergência do angico-do-cerrado entre os tratamentos demonstrou que a espécie possui emergência rápida e

uniforme de plântulas, o que possibilita menor tempo no estágio inicial das sementes nos substratos e evita condições ambientais adversas, incluindo ataque de fungos presentes nas sementes de espécies florestais (MACIEL *et al.*, 2012).

3.3 Análise de crescimento inicial

A altura de planta, o número de folhas, o diâmetro de caule, a área foliar, a área radicular, a massa seca de parte aérea, a massa seca de raiz e a massa seca total foram influenciados pela aplicação do bioestimulador e

pelos tipos de substratos. Já o comprimento da maior raiz não foi influenciado pelos fatores em estudo.

De forma geral, o maior crescimento inicial das plantas foi obtido utilizando o substrato de solo de mata nativa (Tabela 4). A aplicação do bioestimulador favoreceu apenas a produção das massas secas (Tabela 4). Esses resultados podem estar relacionados com os nutrientes essenciais para o desenvolvimento inicial do angico-do-cerrado, entre eles K, Ca, Mn e Zn (Tabelas 2 e 3).

Tabela 4 – Altura de plantas, comprimento da maior raiz, número de folhas, diâmetro de caule, área foliar, área radicular, massa seca de parte aérea (MSPA), massa seca de raiz (MSR) e massa seca total (MST) de plantas de angico-do-cerrado em função de substratos e bioestimulador

| Bioestimulador | Altura de plantas | Comprimento de raiz | Número de folhas | Diâmetro de caule | | |
|----------------|-------------------------|-------------------------|------------------|-------------------|-------|----------|
| | cm/planta | cm/planta | | mm/planta | | |
| Sem | 7,25a | 18,63a | 10,33a | 1,60a | | |
| Com | 6,72a | 17,94a | 9,33a | 1,62a | | |
| Substratos | | | | | | |
| SC | 6,43b | 18,86a | 8,99b | 1,60b | | |
| SCT | 5,93b | 17,98a | 7,50b | 1,37c | | |
| SMN | 8,60a | 18,01a | 13,00a | 1,86a | | |
| C.V. (%) | 15,99 | 5,7 | 16,04 | 8,54 | | |
| Bioestimulador | Área foliar | Área radicular | MSPA | MSR | MST | |
| | cm ² /planta | cm ² /planta | | | | g/planta |
| Sem | 23,53a | 11,11a | 0,43b | 0,43b | 0,86b | |
| Com | 22,36a | 13,84a | 0,53a | 0,61a | 1,14a | |
| Substratos | | | | | | |
| SC | 17,42b | 13,85a | 0,37b | 0,65a | 1,02b | |
| SCT | 7,98c | 6,00b | 0,17c | 0,20b | 0,37c | |
| SMN | 43,44a | 17,57a | 0,90a | 0,70a | 1,60a | |
| C.V. (%) | 20,79 | 28,73 | 17,68 | 35,85 | 25,07 | |

Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste t de Student, para bioestimulador, e teste de Tukey, para substrato, a 5% de probabilidade. SC: Solo do Cerrado; SCT: Substrato comercial Tropstrato®; SMN: Solo de mata nativa.

Fonte: Dados da pesquisa

Resultado similar em altura de plantas em angico (*Anadenanthera peregrina* L.) foi observado por Nóbrega *et al.* (2008), que encontraram alturas de 9,5 cm e 12,1 cm em Latossolo Vermelho Amarelo e em Neossolo Quartzarênico, respectivamente. Em se tratando de diâmetro de caule, esses mesmos autores observaram resultados similares, encontrando

1,4 mm e 1,8 mm nesses mesmos tipos de solo. Esses resultados indicam que as plantas desse gênero possuem o mesmo desenvolvimento nesses dois tipos de solo, o que se relaciona com os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento.

A razão de área foliar (RAF) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) foram influenciados pelo

uso do bioestimulador. Esses aspectos também foram influenciados pelos diferentes substratos, o que ocorreu também com a relação parte aérea/raiz (RPAR).

A maior razão de área foliar (RAF) foi observada sem o uso do bioestimulador, independente do substrato (Tabela 5). O substrato composto de solo de mata nativa proporcionou maior RAF, independente do uso do bioestimulador. Essa razão é importante

do ponto de vista morfofisiológico e expressa a área útil da planta para a fotossíntese – obtida pela relação entre a área foliar, responsável pela interceptação da energia luminosa e do CO₂, e a massa seca total, resultado da fotossíntese –, ou seja, a quantidade de área necessária para produzir 1 g de matéria seca (BENINCASA, 2003).

Tabela 5 – Razão de área foliar (RAF), área foliar específica (AFE), massa foliar específica (MFE), relação parte aérea/raiz (RPAR), relação altura/diâmetro (RAD) e índice de qualidade de Dickson (IQD) de plântulas de angico-do-cerrado em função de substratos e bioestimulador

| Bioestimulador | RAF | AFE | MFE | RPAR | RAD | IQD |
|----------------|---------------------------------|--------|-------|--------------------|-------|-------|
| | cm ² g ⁻¹ | | | g cm ⁻² | | |
| Sem | 26,07a | 59,97a | 0,02a | 1,09a | 4,57a | 0,15b |
| Com | 19,34b | 63,63a | 0,02a | 0,85a | 4,12a | 0,22a |
| Substratos | | | | | | |
| SC | 17,78b | 59,41a | 0,02a | 0,63b | 4,02a | 0,22a |
| SCT | 22,17b | 65,22a | 0,02a | 0,88b | 4,37a | 0,07b |
| SMN | 28,17a | 60,77a | 0,02a | 1,39a | 4,65a | 0,27a |
| C.V. (%) | 17,48 | 22,86 | 16,04 | 30,19 | 16,90 | 28,19 |

Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste t de Student, para bioestimulador, e teste de Tukey, para substrato, a 5% de probabilidade. SC: Solo do Cerrado; SCT: Substrato comercial Tropstrato®; SMN: Solo de mata nativa.

Fonte: Dados da pesquisa

A relação parte aérea/raiz (RPAR) foi incrementada utilizando o substrato com solo de mata nativa. Isso demonstra que houve aumento da parte aérea da planta em relação à raiz; provavelmente, esse incremento está relacionado ao maior teor de nutrientes disponível nesse substrato. Esses valores encontram-se dentro dos parâmetros de qualidade de mudas, uma vez que é indicado um valor menor que 2,00 para a maioria das espécies (NÓBREGA et al., 2008).

O índice de qualidade de Dickson (IQD) demonstra que a aplicação do bioestimulador beneficiou a qualidade de mudas de angico-do-cerrado (Tabela 5), proporcionando incremento de 46% quando comparado com a testemunha. Quanto aos substratos, o solo de mata nativa e o solo do Cerrado proporcionaram maiores valores de IQD. Esse índice indica plantas que possuem maior equilíbrio entre as massas secas da parte aérea com a raiz e a altura com o diâmetro do caule (NÓBREGA et al., 2008); assim, espera-se que plantas com maiores IQD sejam mais vigorosas quando levadas a campo.

4 Conclusões

A origem do substrato utilizado exerceu maior influência nas características químicas, e o uso do bioestimulador influenciou mais expressivamente o substrato com solo de mata nativa, devido ao seu maior teor de matéria orgânica.

A emergência e o índice de velocidade de emergência não foram influenciados pelos substratos nem pelo bioestimulador, no entanto, a maior sobrevivência foi observada usando o bioestimulador. O substrato comercial Tropstrato® promoveu maior sobrevivência das mudas de angico-do-cerrado.

O bioestimulador incrementa a biomassa seca e a qualidade de mudas de angico-do-cerrado, enquanto o substrato com solo de mata nativa incrementa a altura, o diâmetro do caule, a massa seca e a qualidade de mudas dessa espécie.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida; ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do Estado de Mato Grosso do Sul (FUNDECT), pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>.
- ATHAYDE, E. A.; MORELLATO, L. P. C. Anthropogenic edges, isolation and the flowering time and fruit set of *Anadenanthera peregrina*, a cerrado savanna tree. **International Journal of Biometeorology**, v. 58, n. 4, p. 443-454, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00484-013-0727-y>.
- BENINCASA, M. M. P. **Análise de crescimento de plantas (noções básicas)**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41 p.
- BRANCALION, P. H. S.; NOVENBRE, A. D. L. C.; RODRIGUES, R. R. Temperatura ótima de germinação de sementes de espécies arbóreas brasileiras. **Revista Brasileira de Sementes**, v. 32, n. 4, p. 15-21, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0101-31222010000400002>.
- BRITO, O. R.; DEQUECH, F. K.; BRITO, R. M. Use of penergetic products P and K in the snap bean production. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, v. 55, p. 279-280, 2012. Disponível em: http://arsftfbean.uprm.edu/bic/wp-content/uploads/2018/05/BIC_2012_Annual_Report.pdf. Acesso em: 3 abr. 2019.
- CAMPOS, E. H. *et al.* Acúmulo de serrapilheira em fragmentos de mata *mesofítica* e cerrado *stricto sensu* em Uberlândia-MG. **Sociedade & Natureza**, v. 20, n. 1, p. 189-203, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1982-45132008000100013>.
- COBUCCI, T.; NASCENTE, A. S.; LIMA, D. P. Adubação fosfatada e aplicação de Penergetic na produtividade do feijoeiro comum. **Revista Agrarian**, v. 8, n. 30, p. 358-368, 2015. Disponível em: <http://ojs.ufgd.edu.br/index.php/agrarian/article/view/2996/2695>. Acesso em: 13 jun. 2019.
- COSTA, S.; ZOCHE, J. J. Fertilidade de solos construídos em áreas de mineração de carvão na região sul de Santa Catarina. **Revista Árvore**, v. 33, n. 4, p. 665-674, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622009000400009>.
- DARONCO, C.; MELO, A. C. G.; DURIGAN, G. Ecosistema em restauração *versus* ecossistema de referência: estudo de caso da comunidade vegetal de mata ciliar em região de Cerrado, Assis, SP, Brasil. **Hoehnea**, v. 40, n. 3, p. 485-498, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S2236-89062013000300008>.
- DICKSON, A.; LEAF, A. L.; HOSNER, J. F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **The Forestry Chronicle**, v. 36, n. 1, p. 10-13, 1960. DOI: <https://doi.org/10.5558/tfc36010-1>.
- DURIGAN, G. *et al.* The vegetation of priority areas for Cerrado conservation in São Paulo state, Brazil. **Edinburgh Journal of Botany**, v. 60, n. 2, p. 217-241, 2003. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0960428603000155>.
- DUTRA, T. R. *et al.* Emergência e crescimento inicial da canafístula em diferentes substratos e métodos de superação de dormência. **Revista Caatinga**, v. 25, n. 2, p. 65-71, 2012. Disponível em: <https://periodicos.ufersa.edu.br/index.php/caatinga/article/view/2243>. Acesso em: 3 jun. 2019.
- FREITAS, L. *et al.* Análises multivariadas de atributos químicos do solo para caracterização de ambientes. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 8, n. 2, p. 155-164, 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v8i2.1684>.
- GOMES, A. A. *et al.* Avaliação do impacto da fragmentação de florestas nativas sobre a mesofauna edáfica na região de Dourados-MS. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, n. 3, p. 612-618, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000300003>.
- JAKELAITIS, A. *et al.* Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 38, n. 2, p. 118-127, 2008. Disponível em: <https://www.revistas.ufg.br/pat/article/view/4171>. Acesso em: 12 jun. 2019.
- LABOURIAU, L. G.; VALADARES, M. E. B. On the germination of seeds of *Calotropis procera* (Ait.) Ait.f. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 48, n. 1, p. 174-186, 1976. Disponível em: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US201302968715>. Acesso em: 15 fev. 2019.

LORENZI, H. Árvores Brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. 3. ed. Nova Odessa: Plantarum, 2000. 173 p.

MACHADO, D. L. *et al.* Ciclagem de nutrientes em diferentes estágios sucessionais da Mata Atlântica na bacia do rio Paraíba do Sul, RJ. **Bioscience Journal**, v. 31, n. 4, p. 1222-1237, 2015. DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v31n1a2015-23092>.

MACIEL, C. G. *et al.* Detecção, transmissão e patogenicidade de fungos em sementes de angico-vermelho (*Parapiptadenia rigida*). **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 4, p. 323-328, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-54052012000400009>.

MAGUIRE, J. D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v. 2, n. 1, p. 176-177, 1962. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x>.

MOTA, L. H. S.; SCALON, S. P. Q.; MUSSURY, R. M. Efeito do condicionamento osmótico e sombreamento na germinação e no crescimento inicial das mudas de angico (*Anadenanthera falcata* Benth. Speg.). **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 15, n. 4, p. 655-663, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-05722013000500005>.

NÓBREGA, R. S. A. *et al.* Parâmetros morfológicos de mudas de *Sesbania virgata* (Caz.) Pers e de *Anadenanthera peregrina* (L.) cultivadas em substrato fertilizado com composto de lixo urbano. **Revista Árvore**, v. 32, n. 3, p. 597-607, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000300020>.

NOGUEIRA, A. C.; MEDEIROS, A. C. S. Coleta de sementes florestais nativas. **Circular Técnica Embrapa Florestas**, v. 144, 2007. 11 p.

OLIVEIRA, K. S.; OLIVEIRA, K. S.; ALOUFA, M. A. I. Influência de substratos na germinação de sementes de *Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan em condições de casa de vegetação. **Revista Árvore**, v. 36, n. 6, p. 1073-1078, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622012000600008>.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

RIBEIRO, J. F.; WALTER, B. M. T. As principais fitofisionomias do Bioma Cerrado. *In*: SANO, S. M.; ALMEIDA, S. P.; RIBEIRO, J. F. (eds.).

Cerrado: ecologia e flora. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. p. 151-212.

SANTOS, H. G. *et al.* **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2013. 306 p.

SANTOS, J. Z. L. *et al.* Crescimento, acúmulo de fósforo e frações fosfatadas em mudas de sete espécies arbóreas nativas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 5, p. 799-809, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622008000500003>.

SILVA, F. C. (ed.). **Manual de análises químicas do solo, plantas e fertilizantes**. 2. ed. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. 627 p.

SIMON, M. F. *et al.* Recent assembly of the Cerrado, a neotropical plant diversity hotspot, by in situ evolution of adaptations to fire. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 106, n. 48, p. 20359-20364, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1073/pnas.0903410106>.

SOUZA, A. A.; ALMEIDA, F. Z.; ALBERTON, O. Growth and yield of soybean with Penergetic application. **Revista Scientia Agraria**, v. 18, n. 4, p. 95-98, 2017. DOI: <https://doi.org/10.5380/rsa.v18i4.52886>.

SOUZA, C. A. S. *et al.* Exigências nutricionais e crescimento de plantas de mogno (*Swietenia macrophylla* King.). **Acta Amazonica**, v. 40, n. 3, p. 515-522, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672010000300010>.

SOUZA, L. F. *et al.* Plantas medicinais referenciadas por raizeiros no município de Jataí, estado de Goiás. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 18, n. 2, p. 451-461, 2016. DOI: https://doi.org/10.1590/1983-084X/15_173.

TUCCI, C. A. F.; LIMA, H. N.; LESSA, J. F. Adubação nitrogenada na produção de mudas de mogno (*Swietenia macrophylla* King). **Acta Amazonica**, v. 39, n. 2, p. 289-294, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0044-59672009000200007>.

VIERA, M.; SCHUMACHER, M. V.; BONACINA, D. M. Biomassa e nutrientes removidos no primeiro desbaste de um povoamento de *Pinus taeda* L. em Cambará do Sul, RS. **Revista Árvore**, v. 35, n. 3, p. 371-379, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-67622011000300001>.